

GULERODENS FAREFULDE VEJ FRA MARKEN TIL FORBRUGEREN

Danske gulerødder produceres i stort omfang på dyndjord i Lammefjorden. Med denne produktionsform muliggøres at gulerødderne efter optagning (høst) kan lægges på lager og derefter vinteren igennem leveres til forretningerne. Optagning foregår med store specialmaskiner der læsser gulerødderne i træ-containere (*fig. 1*) der køres direkte ind på kølelageret. En lagertemperatur på ca. 1 °C og 90% luftfugtighed giver den bedste gulerodskvalitet.

I marken angribes gulerødderne af forskellige jordboende svampe der allerede ved høst kan fremkalde misfarvninger eller pletter på rødderne. Et gulerodsparti med tydelige skader er uegnet til kølelagring og vil derfor blive solgt hurtigst muligt. Men selv tilsyneladende raske gulerødder kan udvikle sygdomme når de lagres. Det skyldes at mikroskopiske svampe der er til stede i den jord der helt naturligt sidder på høstede rødder, kan angribe rødderne i løbet af lagerperioden. Endvidere kan mekaniske skader, fx forårsaget af sten i marken, afknækkede rodspidser eller skævt skåret aftopning ved høst gøre at gulerødderne er mere sårbare over for svampeinfektioner i lagerperioden. Pakningen i trækasserne kan – hvis de hygiejniske foranstaltninger ikke er i top – udgøre en ny smitterisiko idet mange svampe faktisk kan overleve på trækasserne og inficere det nye parti gulerødder når de bringes på lager.

Af Inge M.B. Knudsen,
Dan Funck Jensen & Birgit Jensen

Efter lagring vaskes, sorteres og pakkes gulerødderne. Herefter sker der en kort opbevaring i pakhus indtil gulerødderne sælges i butikken. Under håndteringen og frem til forbrugeren kan typisk øgede temperaturer og eventuelle såringer have betydning for udvikling af sygdomme.

Gennem de senere år er der derfor foretaget omfattende undersøgelser af forskellige aspekter af disse sygdomme på gulerødder (*boks 1*).



1. Gulerodslagring, som det typisk finder sted, i trækasser. På billedet ses bånd der er hæftet til tilfældigt anbragte poser der er udlagt ved lagringens begyndelse for prøvetagninger gennem lagerperioden. (I. Knudsen)

EN GAMMEL GULEROD
ER EN SVAG GULEROD

Allerede ved høst har gulerødder altså symptomer på skader og svampeangreb (*boks 2*), men udviklingen af sygdomme accelereres gennem den op til seks måneders lange lagerperiode. Her er det vigtigt at fastslå at gulerodens modtagelighed øges med stigende alder. Det skyldes primært at røddernes indhold af stoffer der relateres til modstandsdygtighed over for sygdomme, reduceres med alderen (*boks 3*). Hos gulerødder bliver det således meget tydeligt at der skal to parter til for at fremkalde en sygdom: dels en sygdomsfremkaldende part (et patogen) og dels en modtagelig gulerod. Det øgede angreb gennem lagringen resulterer imidlertid i at tabet sidst på lagringssæsonen ofte kan være på mere end 50% af gulerødderne. Det er altså kun en mindre del af høsten der når ud til forbrugeren.

CAVITY SPOT
– EN OMDISKUTERET SYGDOM

En af de sygdomme der oftest ses allerede ved høst, er cavity spot (*fig. 2*). Hvis der ved vask og sortering, er kraftige symptomer eller mere end fem små symptomer, kasseres gulerødderne typisk.

Sygdomsudviklingen på gulerødder under lagring, patogene organismer der fremkalder sygdommene samt successionen af svampe gennem lagring er studeret på Institut for Plantebiologi, KVL, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole i samarbejde med Danmarks Jordbrugsforskning Flakkebjerg, Gulerodsgruppen A/S Lammefjorden og Rosenfeldt Gods, frøfirmaerne Danisco A/S og Dæhnfeldt A/S. Undersøgelserne er støttet af Innovationsmidler fra Direktoratet for FødevareErhverv (DFFE).

Undersøgelserne har haft følgende formål:

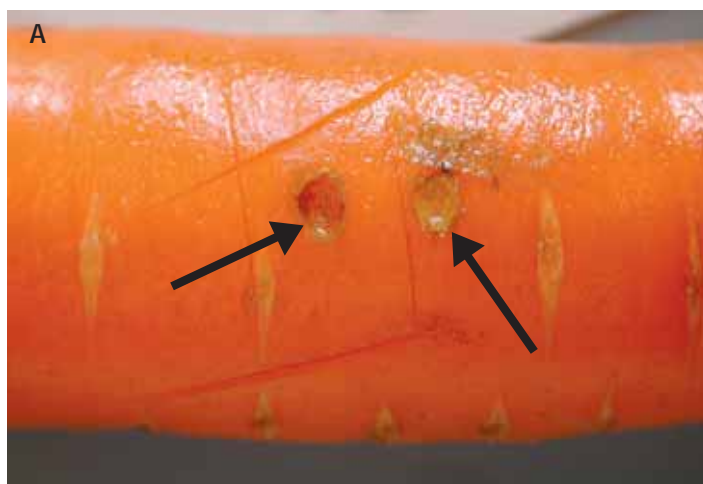
- 1) at opnå viden om sygdomsudvikling på gulerødder i relation til forskelle i smitstof på rødderne, sortsvalg, og lagerbetingelser.
- 2) at følge artsforskydningen af svampe i cavity spots under lagringen – herunder fordelingen af primære og sekundære patogener i forhold til udviklingen af cavity spots.
- 3) at fastslå om særlige karakteristika for symptomernes udformning kan relateres til specifikke, patogener *Pythium*-arter eller andre svampe.
- 4) at opnå viden om, hvorvidt der opstår nye cavity spots i lagerperioden – og om “marksymptomerne” vokser i størrelse under lagringen.
- 5) at fastslå årsagen til “sorte spidser”.
- 6) at undersøge om en hurtig lager-test på en stikprøve af et gulerods-parti der kan udføres ved en høj temperatur umiddelbart efter høst kan forudsige sygdomsangrebets omfang under lagringen af det pågældende parti.

BOKS 1: FORSKNING I GULERODSSYGDOMME

Sygdommen, der først blev kendt i 60'erne, er et stort problem overalt hvor der dyrkes gulerødder. I de første år kunne man ikke isolere nogen sygdomsfremkaldende organisme og mente

derfor at sygdommen skyldtes fysiske og fysiologiske forhold. En udbredt teori var at sygdommen opstod ved calciummangel der kan optræde i jorde med højt kvælstofniveau. Da

vandlidende jorde med dårlig gennemluftning forværrer sygdommen, førte det til en antagelse om at bakterier (*Clostridium*), der lever under iltfattige forhold, kunne fremkalde sygdom,



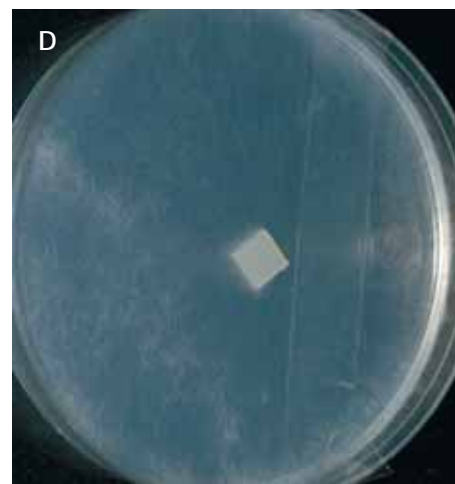
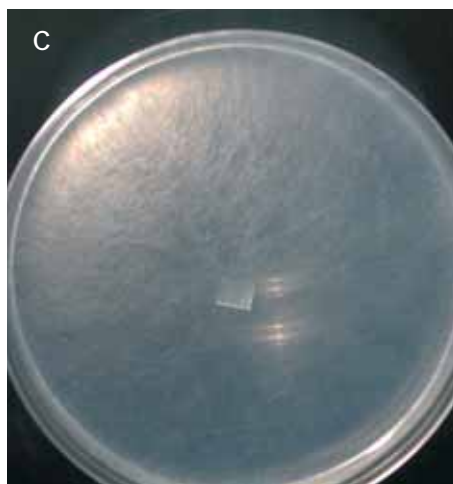
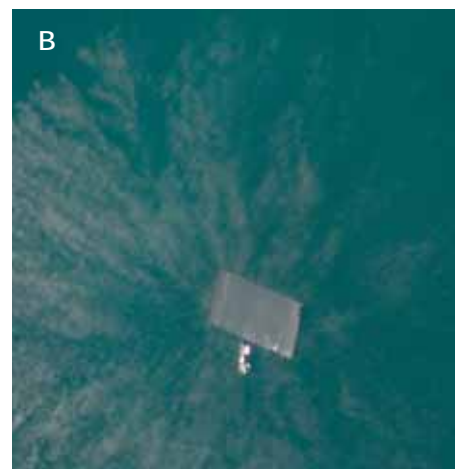
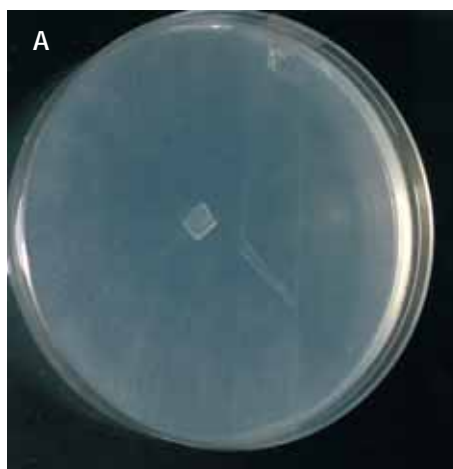
2. Eksempler på cavity spot symptomer. A: lyse spots med rund form og gennembrudt overhud (pilen tv.) og svagt gennembrudt overhud (pilen th.). B: mørkfarvet, afgrænset øjeformet symptom med gennembrudt overhud. Fra alle symptomer kan der isoleres såvel cavity spot svampene *Pythium viola*, *Pythium sylvaticum* og *Pythium intermedium* samt lakridsrådsvampen *Mycocentrospora acerina*. (I. Knudsen)

De vigtigste sygdomme under danske forhold antages generelt at være: Cavity spot (forårsaget af *Pythium*-arter), lakridsråd eller såkaldte "sorte spidser" (*Mycocentrospora acerina*), hvid lagersvamp (*Rhizoctonia carotae*), sortrød (*Alternaria radicina*), rodbrunrød (*Chalara elegans*), storknoldet knoldbægersvamp (*Sclerotinia sclerotiorum*) og violet rodfiltssvamp (*Rhizoctonia crocorum*). Producenter af kølelagrede gulerødder og erhvervets konsulenter ved Lammefjorden angiver at Cavity spot og "sorte spidser" resulterer i de største tab. Taxonomisk tilhører de patogener der fremkalder sygdommene vidt forskellige grupper – lige fra organismer der står nærmere alger end sande svampe, fx slægten *Pythium* der tilhører gruppen Oomycetes – til svampe fra slægten *Rhizoctonia* spp. der tilhører Basidiomycetes der også rummer spiselige hatsvampe.

BOKS 2: PLANTESYGDOMME
PÅ LAGERGULERØDDER

eller at indholdet af luftarten ethylen, der også stiger under iltfattige forhold, kunne spille ind.

I 1980'erne fandt man endelig ud af at cavity spot-angreb kunne forhindres eller reduceres med svampedræbende midler (fx metalaxyl) hvilket indikerede at svampe var involveret i angrebet. Snart herefter blev det fastslået at *Pythium*-arter er den egentlige



3. Svampekolonier på agar A: *Pythium intermedium*. B: *Pythium violae*. C: *Pythium sylvaticum*. D: *Pythium ultimum*. (I. Knudsen)

årsag til sygdommen. Flere *Pythium*-arter kan isoleres fra cavity spots, men arterne *Pythium violae* og *Pythium sulcatum* rapporteres oftest som de primære patogener.

NYESTE VIDEN OM CAVITY SPOT
UNDER DANSKE FORHOLD

Ved høst under danske forhold er cavity spot hyppig. Den ses som aflange læsioner eller gruber i gulerodens overflade. Der har blandt lægfolk og eksperter været nogen uenighed om karakteri-

sering af cavity spot-symptomer. Det skyldes at der optræder mange typer af symptomer der kan antages at være cavity spot, og at nogle af disse er vanskelige med sikkerhed at adskille fra symptomer fra vækstskader eller især symptomer af skurv. For cavity spot-symptomer er overgangen mellem rask og sygt væv markant, og omkredsen oftest cirkulær til oval eller øjeformet. Farven kan variere (fig. 2). Fra alle symptomer kan der isoleres cavity spot-specifikke *Pythium*-arter, og dette kan ske gennem hele lagerperioden. Det er oplagt at læsionerne kan være indfalds-

Indholdet af stoffer med antimikrobiel virkning i gulerødderne der kan relateres til modstandsdygtighed, falder gennem lagerperioden. Der er især tale om stofferne faltarinol og faltarindiol hvor indholdet er højere i rodens ydre, modstandsdygtige overhud sammenlignet med det underliggende og blødere væv hvor modstandsevnen tilsvarende er lav. Alle stofferne hæmmer således svampen *Mycocentrospora acerina* og for-

hindrer udviklingen af sygdommen lakridsråd i den første lagringstid. Senere sker der en nedgang i niveauet af de anti-mikrobielle indholdsstoffer i rødderne hvilket sidst på lagersæsonen kan føre til kraftig udvikling af lakridsråd. Interessant nok er der for nylig blevet demonstreret at indholdet af stoffet faltarinol kan være forøget i økologisk dyrkede gulerødder. Der mangler dog en bekræftelse af disse resultater,

for at fastslå hvilke dyrkningsparametre der er betydende for produktion af stoffet. Sådanne undersøgelser foregår nu i et projekt med deltagere fra Danmarks Jordbrugsforskning, Syddansk Universitet og Institut for Plantebiologi, Den Kgl. Veterinær og Landbohøjskole. Projektet hører under det nye store økologiske forskningsprogram FØJO III der netop er søsat her i 2006 af Ministeriet for Fødevarerhverv.

BOKS 3: FYSIOLOGISK RESISTENS NEDBRYDES Gennem LAGRINGEN

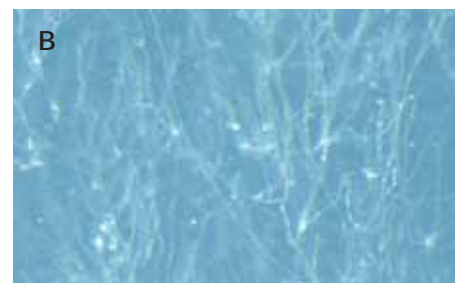
veje for mange forskellige sekundære svampe. Dette åbner mulighed for at sygdomme, der især udvikles i sår sent i lagringen, også kan udvikles i cavity spots. Men som det fremgår i de følgende, har dette ikke kunnet demonstreres at ske i nævneværdig grad.

Identifikationen af *Pythium*-arter der forårsager cavity spot, kan foregå ved at studere svampenes udseende på fx agar (fig. 3) eller i stereomikroskop (fig. 4) hvor forskellene umiddelbart synes små, mens adskillelse af de enkelte arter baseres på deres formeringsstrukturer (sporer, fig. 5). Væksthastighed og tidspunktet for sporedannelse er forskellig for de enkelte arter (og isolater) og bestemmelsesproceduren meget tidskrævende. Derfor er der udviklet en molekylær baseret metode (UP-PCR) der bidrager til klassificering af svampene (boks 4). Ved at sammenligne UP-PCR-profilen af nye isolater med typebestemte *Pythium*-isolater kan man supplere den morfologisk baserede artsbestemmelse (fig. 6). De mest alminde-

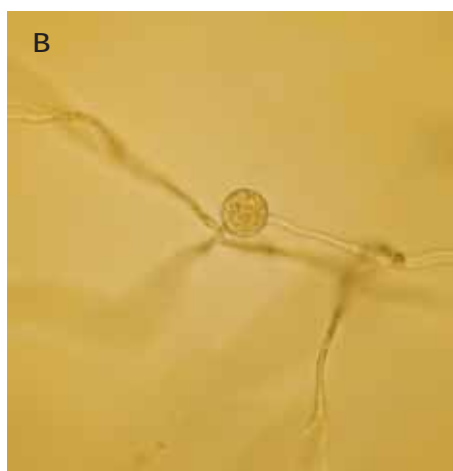
ligt forekommende arter i danske undersøgelser af cavity spot har vist sig at være *Pythium violae*, *Pythium sylvaticum* og *Pythium intermedium*.

På nyhøstede gulerødder blev der således isoleret 52% *Pythium viola* og 28% *Pythium sylvaticum* i de undersøgte cavity spot symptomer. Ved de

senere isoleringer var fundet af disse to arter derimod betydeligt lavere, men til gengæld steg forekomsten af *Pythium intermedium* (fig. 7). Smitteforsøg med isolater af de tre *Pythium*-arter viste at de alle kunne fremkalde symptomer på gulerødder. Svampen *Mycocentrospora acerina* kunne også



4. *Pythium*-svampene som de ses i stereomikroskop A: *Pythium intermedium*. B: *Pythium violae*. C: *Pythium sylvaticum*. D: *Pythium ultimum* (I. Knudsen)



5. Lysmikroskopibilleder der blandt andet viser oosporer af *Pythium*-svampene. A: *Pythium intermedium*. B: *Pythium violae*. C: *Pythium sylvaticum*. D: *Pythium ultimum*. (I. Knudsen)

hyppigt og i stigende omfang isoleres fra cavity spot lignende symptomer (fig. 7). Denne svamp fremkalder en anden vigtig gulerodssygdom, nemlig lakridsråd men kun 2% af symptomerne udvikledes henimod sygdommen lakridsråd der forekommer som et glinsende, sort symptom uden typisk afgrænset form (fig. 8).

Der er altså noget der tyder på at ud over det beskrevne primære patogen *Pythium violae*, så har arten *Pythium sylvaticum* også betydning for markangreb i Danmark. *Pythium sulcatum*, der angives som primær patogen i

udlandet, er ikke isoleret fra Lammefjorden. Det har heller ikke været muligt at isolere svampen fra jorde hvor der dyrkes gulerødder, eller at finde en sammenhæng mellem frekvensen af *Pythium*-svampe isoleret fra markjorde med gulerodsangrebets omfang i disse jorde. Vi kan derfor fastslå at 1) forekomsten af patogene *Pythium*-arter i Danmark kan adskille sig fra forekomsten i mange andre landes dyrkningssystemer med gulerødder og 2) endnu engang slå fast at patogen tilstedeværelse alene ikke er den eneste sygdomsfaktor for cavity

PCR (polymerase chain reaction) er en simpel metode til at opformere en organismes DNA (arvemasse). Man kan udvikle metoder, fx UP-PCR, så der for hver organisme fremstilles et unikt sæt af forskellige genkopier som er karakteristiske for den pågældende organisme. Disse unikke sæt af genkopier kan synliggøres som båndmønstre på en agarose-gel (fig. 6). De kaldes også DNA-fingeraftryk. Ved at sammenligne båndmønstre fra nye svampeisolater med mønstre fra kendte navngivne arter kan de nye isolater artsbestemmes.

BOKS 4: PCR-METODEN

spot angreb, men at også jordens beskaffenhed og vejrlig spiller en rolle.

LAKRIDSRÅD OG SORTE SPIDSER

Ved undersøgelserne af cavity spot-symptomer blev det også vist at symptomerne kun i meget begrænset omfang fører til lakridsråd. Symptomer på lakridsråd, der ses som glinsende sorte pletter og "sorte spidser" (fig. 8), overses ikke når de for alvor dukker op på lageret i løbet af februar. På Lammefjorden har man gennem årene observeret at specielt de "sorte spidser" var et stort problem. Symptomet antages at være en form for lakridsråd der således også fremkaldes af svampen *Mycocentrospora acerina*,

men man har manglet dokumentation for dette. Lakridsråd/sorte spidser har også været genstand for forskning i de senere år (boks 1).

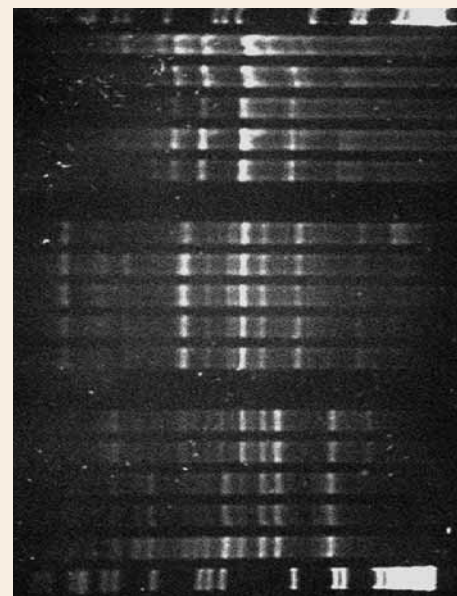
Ved isolering af svampe fra sorte spidser og lakridsråds-symptomer er der overvejende fundet *Mycocentrospora acerina*. Smitteforsøg med isolede svampe har vist at det kun er *Mycocentrospora acerina* der kan fremkalde sortråd. Der var forskel i *Mycocentrospora acerina* isolaternes angrebsevne og desuden sås der forskelle i sorternes modtagelighed. Lakridsråd synes at sætte ind i dybere skader på gulerødderne, fx hvor rodspidsen er knækket af, eller hvor der er ormegnav eller andre dybere skader. En anden mulighed er at *Mycocentrospora acerina* fremkalder infektioner på rodooverfladen der først sent i lagringen udvikles til lakridsråd.

Forekomsten af *Mycocentrospora acerina*-svampe i markjorde kan bl.a. lokaliseres vha. et molekylært baseret kit fra firmaet Carrotech. På Lammefjorden har en undersøgelse af tre jorde og de tilhørende gulerodspartier vist god sammenhæng mellem fund af

λ markør
P. violae 430 (France)
P. violae 768
P. violae 773
P. violae 778
P. violae 792

P. intermedium CBS 136.87
P. intermedium 10
P. intermedium 14
P. intermedium 15
P. intermedium 16

P. sylvaticum CBS 453.67
P. sylvaticum 9
P. sylvaticum 12
P. sylvaticum 26
P. sylvaticum 645
λ markør

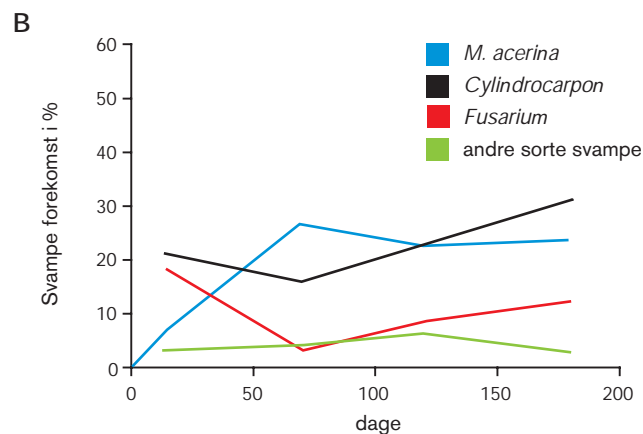
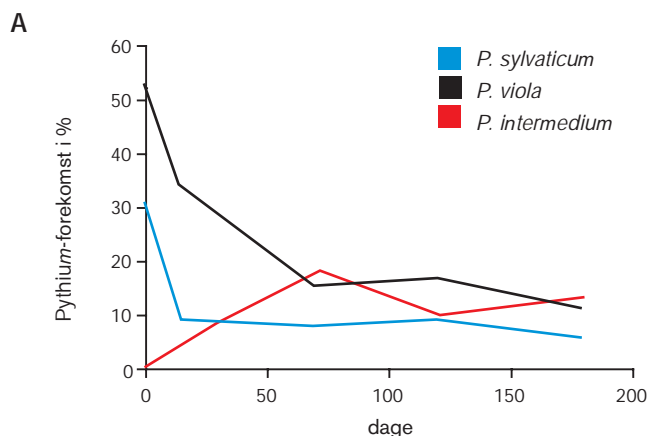


6. UP-PCR profiler af *Pythium*-isolater fra cavity spot-symptomer er sammenlignet med type-isolaterne *Pythium violae* 430 (France), *Pythium intermedium* CBS 136.87 og *Pythium sylvaticum* CBS 453.67. Organismer med samme båndmønstre tilhører den samme art.

svampen og angrebets omfang ved lagringens ophør i februar.

Ved undersøgelser af partier gennem lagring er der fundet at der kan ske en meget hurtig opblomstring af lakrids-

råd sent i lagringen. For et parti der havde 10% angreb i februar blev dette øget til 70% angreb i april. At lakridsråd og sorte spidser udvikles sent, skyldes formodentlig at gulerødderne har



7. Sammenligning af udviklingen af svampe kolonisering i cavity spot symptomer over en seks måneders lagerperiode. A: *Pythium*-arter. B: *Mycocentrospora acerina*, *Cylindrocarpon*, *Fusarium* og sortsporede svampe (*Alternaria*, *Stemphylium*, *Chalara* og *Chalaropsis*).



8. A: lakridsrådsymptomer på gulerødder fremkaldt af *Mycocentrospora acerina*. B: viser sorte spidser på gulerødder der også er fremkaldt af svampen. (A: J. Bollerslev, B: I. Knudsen)

en naturlig fysiologisk resistens der nedbrydes gennem lagringen (boks 3).

I overensstemmelse med udviklingsmønstret for lakridsråd kan man som forbruger ofte opleve at gulerødderne hen imod slutningen af vinteren bliver sorte i køleskabet. Selv meget små symptomer, der overses ved sorteringen på vaskeriet, kan nemlig give anledning til hurtige kvalitetsforringelser hos forbrugeren. Det skyldes dels den højere temperatur i detailledet og dels røddernes større fysiologiske modtagelighed på dette tidspunkt. Som forbruger kan man også se sorte pletter der skyldes gulerodssortskimmel forårsaget af svampen *Thielaviopsis basicola* der favoriseres af høj fugtighed der forekommer i plasticposerne efter vaskeriprocessen. Svampen kaldes også "vaskerisvamp" og er sjældent et problem på lageret. Den udvikles først efter den overfladiske såring der sker i vaskeprocessen, og den efterfølgende forhøjede temperatur og fugtighed under opbevaringen stimulerer angrebet

HVAD FORBRUGEREN SJÆLDENT SER

De ovennævnte sygdomme kan altså af og til ses af forbrugeren. Men der er andre sygdomme der optræder i varierende mængde når smitstof bringes med fra marken eller overføres fra kasser.

Nogle af de vigtigste er:

Hvid lagersvamp (*Rhizoctonia carotea*, fig. 9A) bringes på lager med jord og kan som lakridsråd optræde som et tiltagende problem sent i lagerperioden. Den er mere overfladisk, men til gengæld oftest udbredt på rødderne og spreder sig til naborødder. Ses oftest når lagertemperaturen er lidt for høj.

Storknoldet knoldbægersvamp (*Sclerotinia sclerotiorum*, fig. 9B) er varmekædende, og derfor udgør den normalt ikke så stort et problem såfremt lagertemperaturen holdes stabilt under ca. 2,5 °C. Svampen producerer hvileknolde (sklerotier) der kan overleve ekstre-

me forhold og udgøre en smitterisiko både fra jord, plantemateriale og kasser. Ved høje temperaturer, der fx kan opstå hvis gulerødderne mod slutningen af lagringen har øget respiration, kan svampen fremkalde blødråd der fører til massiv destruktion af rødderne.

Violet rodiltsvamp (*Rhizoctonia croconum*, fig. 9C) der forekommer som et lokalt problem fra visse marker allerede ved høst, kan her give anledning til en del frasortering. Fra overfladiske angreb, der ses som et sortlilla overtræk af svampens hyfer, breder svampen sig under lagring ind i roden. Svampen overlever i jorden ved hvileknolde (sklerotier) og angriber flere afgrøder som bederoer, kartofler, lucerne og kløver. De jordbundsmæssige forhold anses for mest betydende for udviklingen.

Disse svampesygdomme kan udgøre store problemer og optræde epidemisk under visse forhold. Men angrebene give så massive symptomer at de



9. Sygdomme der optræder epidemisk under bestemte forhold:
A: hvid lagersvamp (Rhizoctonia carotea) der udvikles sent på lageret ved let forhøjede temperaturer. B: storknoldet knoldbagersvamp (Sclerotinia sclerotiorum) der optræder ved stærkt forhøjede temperaturer (her ved 15 °C). C: violet rodfiltsvamp (Rhizoctonia crocorum) der forekommer som et lokalt problem fra visse marker allerede ved høst. (I. Knudsen)

ikke vil overses ved sorteringen og derfor sjældent når ud til forbrugeren.

KVALITETSFORBEDRINGER

Når så stor en del af de høstede gulerødder kasseres, kan det kun ske fordi det er en afgrøde af forholdsvis høj værdi. Ved prisansættelsen tages der en vis højde for svind, men erhvervet er naturligvis meget interesseret i at få svindet bragt ned. Derfor pågår der

også undersøgelser af hvorledes sygdomsbekæmpelsen kan optimeres. I fremtiden kan der ske en udvikling imod anvendelse af nye sorter med bedre resistens, og måske også anvendelse af biologiske forebyggelsesmetoder. På KVL forskes der i frøbehandling med mikrobiologiske præparater til forebyggelse af sygdomsangreb i marken. Anvendelse af svampehæmmende, gavnlige mikroorganismer fra fødevarerindustrien eller planteekstrakter og -olier der udgør en naturlig del

af vore fødevarer, er også en mulighed. Her kan en mulig strategi være at tilsætte stoffer/organismer til lagercontainerne eller ved pakning af gulerødderne. Der er fundet hæmmende effekter af visse plantestoffer på vækst af *M. acerina* og fra udlandet er der eksempler på kommercielle produkter til efter høst (post harvest) behandling af kølelagret frugt. Naturligvis er en kritisk evaluering af fødevarerens sikkerhed en forudsætning for at sådanne midler kan anvendes.